
V/UHF대역 소형다이폴 원형배열 능동안테나 설계

고지환* · 이철수** · 김강욱*** · 조영기****

Design of V/UHF band Small Dipole Circular Array Active Antenna

Ji-Hwan Ko* · Cheol-Soo Lee** · Kang-Uk Kim*** · Young-Ki Cho****

본 논문은 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.(UD050013FD)

요 약

V/UHF대 방향 탐지(DF)용에 적용하기 위하여 9개의 다이폴 소자로 구성된 원형배열 안테나를 연구하였다. 배열 안테나의 전체 크기를 줄이기 위하여 소자는 top-hat 다이폴 형태를 이용하였다. 20-1,300Mhz인 매우 넓은 주파수 범위에서 동작하기 위하여 각 다이폴 소자의 팔(arm)의 중간에 pin diode를 삽입하였다. 이런 형태의 다이폴을 이용하므로 pin diode의 on/off에 따라 다이폴의 실효 길이를 증감할 수 있다. 능동 배열 안테나는 평형 푸시풀 증폭기와 직접 연결되게 설계하므로 수신 감도를 개선할 뿐만 아니라 발룬 역할을 하였다. 그리고 능동 배열 안테나를 설계 및 제작하였고, 측정 결과를 계산 결과와 비교하여 제시하였다.

ABSTRACT

For the application to the direction finding(DF) antenna for V/UHF bands, circular active array composed of 9 dipole element has been investigate. For miniaturization of the overall size array, the element has been chosen to be of the top-hat dipole type. For the broadband operation over 20-1300MHz, some number of pin diodes have been inserted in each arms of each dipole element. By employing this type of each element dipole, the effective dipole length can be increased or decreased according as the inserted pin diodes is on or off. The active array antenna has been design to be directly connected to the balanced push full amplifier such that the amplifier may play a role as a balloon and may improve the sensitivity as a receiver as well. The active array antenna has been designed and fabricated. Some experimental results have been presented in comparison with simulated results.

키워드

Active array antenna, Direction finding antenna, Active dipole

* 금오공과대학교 전자공학부 교수

접수일자 2008. 07. 28

** 국방과학연구소 선임연구원

*** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수

**** 경북대학교 전자전기공학부 교수

I. 서 론

V/UHF대의 광대역인 방향 탐지용(DF: Direction Finding)능동배열 안테나에 대한 연구는 외국은 물론 국내에서도 매우 미비한 편이다. 특히, 이러한 저주파 대역에서 광대역 안테나의 관련 응용분야가 한정되었기 때문에, 이에 대한 연구의 관심이 부족한 형편이다. 동작 주파수 범위가 매우 넓은 광대역 DF 능동 배열 안테나는 각 방사 소자로부터 수신된 신호의 위상차를 이용하여 임의의 신호의 발생 방향을 정확하게 포착할 수 있게 구현하여, 군사적 목적으로 이동차량에 탑재하여, 광대역 신호원의 발생지를 찾거나 그 통신내용을 파악하는데 적용되고 있다^[1-4].

본 논문에서는 V/UHF대역인 20-1,300MHz에서 다이폴 형태인 복사 소자를 갖는 원형 배열 능동 안테나에 대하여 설계, 제작 및 측정하여 결과를 고찰하고자 한다. 방향 탐지를 위해서는 수신되는 신호의 위상차를 비교하는 방식이 주로 사용되며 방사소자 자체의 특성, 배열 갯수, 소자간의 배열 간격 등 여러 요인에 의해 방향 탐지의 정확도 및 모호성에 영향을 미치게 된다. 이와 같은 여러 요인에 의해 방향 탐지의 정확도에 영향을 미치게 되므로 여러 경우의 수를 고려하여 배열 안테나의 구조를 설계해야 할 것이다^[4].

본 논문의 안테나 제작에서는 방사 소자를 소형화 하기 위해 top-hat다이폴 형태로 선택하였고, 20-1,300MHz의 매우 넓은 주파수 범위를 수용하기 위해 다이폴의 팔(arm) 중간에 pin diode를 두어 on 상태에서는 낮은 주파수대에서 동작되게 하고, off 상태에서는 높은 주파수대에서 동작되게 설계하였다. 이와 같이 배열의 복사 소자를 구현하면 매우 넓은 주파수 범위를 갖게 되고 소형화를 만들 수 있다. 그리고 배열의 복사 소자인 다이폴은 평형 푸시풀 증폭기에 바로 연결되어 수신 감도를 향상시키고 발룬 역할을 하게 하였다. 이와 같은 방향 탐지용 원형 배열 능동 안테나를 설계, 제작하고 측정 결과를 고찰하고자 한다.

II. 원형 배열 능동안테나 설계

1. 원형 배열 능동안테나 구성

본 논문에서 설계하고자 하는 원형 배열 능동 안테나의 배열 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이 반경 $a=450\text{mm}$ 인 원에 균등각도로 9개의 다이폴 복사소자가 배열되어 있다. 복사 소자인 다이폴은 xy면에 수직인 z축 방향으로 놓여 있다. 다이폴 소자는 그림 2와 같으며 소형으로 매우 넓은 주파수 대역폭을 갖기 위해 다이폴의 양끝에 원형 도체판(top-hat)이 부착되어 있다. top-hat 다이폴은 동작 주파수 범위가 비교적 넓지만, 주파수 범위가 20-1,300MHz인 아주 엄청난 광대역을 요구하는 경우에는 정상적인 안테나 설계로는 불가능하므로 불가피하게 주파수 범위를 나누어 낮은 주파수대에서 동작할 때와 높은 주파수대에서 동작할 때로 범위를 구분하여 다이폴 길이를 조절해서 요구되는 광대역에서의 동작요건을 구현하고자 한다. 이러한 다이폴의 길이 조절에 대해 전기적으로 구현하기 위해서는 그림 2와 같이 각 팔의 중간에 pin diode를 두어 낮은 주파수대를 사용할 때는 pin diode를 on 상태로 두어 팔의 전체 길이가 동작되게 하고, 반면에 높은 주파수대를 사용할 때는 off 상태로 두어 팔의 중간에서 단절된 일부 길이만 동작되게 함으로 다이폴의 길이를 조절하게 한다.

다이폴 소자에 의해 수신된 신호는 평형 증폭기를 통해 증폭된 다음 발룬에서 합쳐지게 된다. 다이폴에서 출력된 신호들은 신호처리부로 입력되고 각 신호 위상을 비교하여 어느 방향으로부터 전파가 도래하는지 방향을 탐지하게 된다.

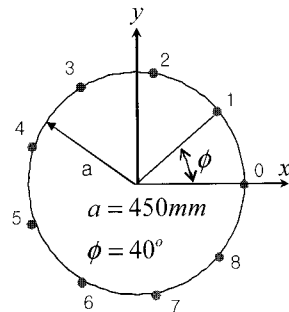


그림 1. 원형 배열 구조

Fig. 1. Structure of the circular array.

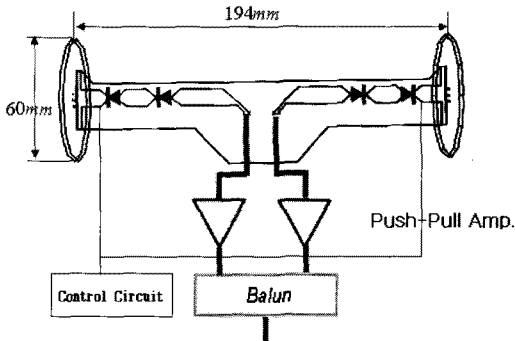
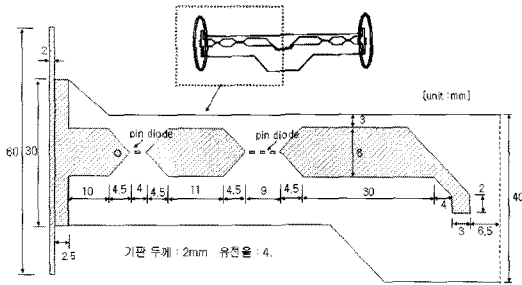


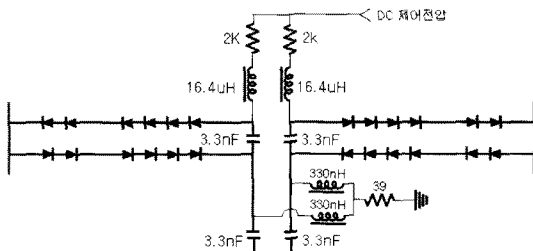
그림 2. Top-hat 다이폴과 능동 회로 구성
Fig. 2. Configuration of the top-hat dipole and active circuit.

2. Top-hat 다이폴 안테나 설계

앞에서 언급한 바와 같이 top-hat 다이폴에 대한 세부 설계는 그림 3에 나타내었다. 다이폴은 두께가 2mm이고 비유전율이 $\epsilon_r = 4$ 인 에폭시 기판에 양면에 동일한 패턴으로 에칭되어 있다.



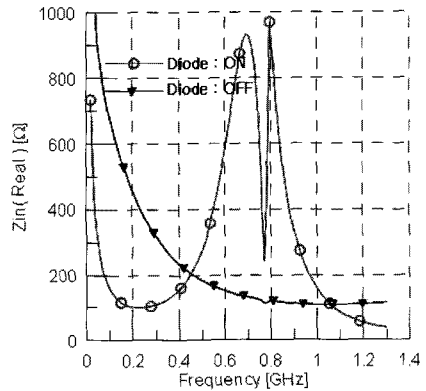
(a) 다이폴 소자 설계



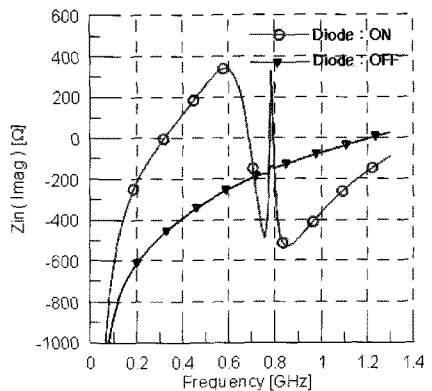
(b) 제어 회로도

그림 3. Top-hat 다이폴 소자 설계 및 제어 회로
Fig. 3. Design of the top-hat dipole element and control circuit.

그림 3(a)는 한쪽 팔의 앞면 설계만 보여주고 있으며 뒷면도 이와 동일하다. 동작 주파수에 따라 팔의 길이를 조절하기 위해 pin diode가 부착되는데 2개와 4개로 두 부분으로 직렬로 연결된다. 다이폴의 전체 길이는 200mm이고 팔의 양쪽 끝에 부착되어 있는 원형 도체 판은 직경이 60mm이다. 다이폴 안테나에서 전기적 회로만 도시한 것이 그림 3(b)이며, 사용된 pin diode는 NXP semiconductor사의 BAP64-02이다. pin diode는 DC 전압에 따라 on/off로 동작된다. 만약, pin diode가 on상태이면 안테나의 전기적 길이는 다이폴의 전체 길이로 볼 수 있지만 off상태가 되면 전기적 길이는 매우 짧아지게 된다.



(a) Zin(Real)



(b) Zin(Imag.)

그림 4. Top-hat 다이폴 소자의 입력 임피던스 계산
Fig. 4. Calculated Impedance of the top-hat dipole element.

다이폴 안테나에 대한 입력 임피던스의 계산은 전자파 해석 S/W Tool로서 ansoft사의 HFSS를 사용하여 분석하였다. 시뮬레이션에서 diode모델은 on일 때 단락($R=0\text{ohm}$)으로 두었고 off일때는 개방($R=\infty\text{ohm}$)으로 두었다. 그리고 DC 제어전압 단자쪽과 접지쪽에 연결된 인덕터는 DC 전류만 통과하고 RF 신호는 차단하는 역할을 하므로 전자파 해석 시에는 이부분 회로는 제외하였다. 계산된 다이폴의 입력 임피던스를 실수부와 허수부로 구분하여 그림 4에 나타내었다. 그림에서 보면 diode가 on/off일때의 입력 임피던스 특성이 상당히 다를 수 있으며, 주파수가 증가함에 따라 on상태 일때는 상당한 변동이 있지만 off일때는 완만히 변화되는 모습을 볼 수 있다.

3. RF 신호 증폭 및 제어 회로 설계

그림 3에서 나타낸 바와 같이 다이폴 소자는 각 팔별로 신호가 출력된다. 즉, 180도 위상차를 갖는 2개의 신호가 출력되고 이런 두 출력 신호는 증폭기로 각각 증폭되고 합쳐질 때는 두 신호간에 180도 위상차를 주어 서로 상쇄되지 않게 합쳐진다. 이와 같은 회로를 평형 증폭회로라 부르며 수신된 두 신호를 각각 증폭한 후 발문에 의해 역상으로 합쳐 주는 회로이다. 평형 증폭 회로는 P1dB가 3dB 향상되고, 수신되는 잡음이 서로 상쇄되는 장점을 가진다[5].

회로 설계도는 그림 5와 같으며 리미터(limiter), 증폭기, 다이폴에 부착된 pin diode 제어회로 그리고 트랜스포머(발문)으로 구성된다.

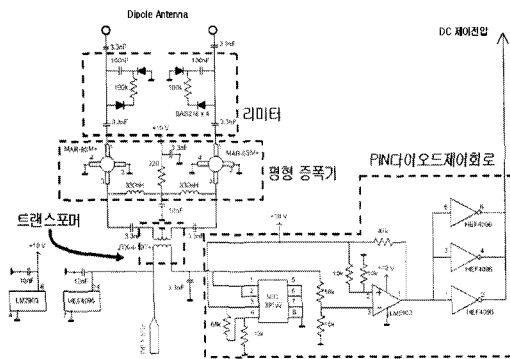


그림 5. RF 신호증폭 및 제어 회로 설계
Fig. 5. Design of the RF signal amp. and control circuit.

리미터 회로는 증폭 회로를 보호하는 것으로 과도한 입력 신호를 차단하는 역할을 하며, 증폭기에 의해 증폭된 신호는 트랜스포머에 의해 합쳐진다. 여기서 사용된 FET는 Hittite사의 HMC 478MP86이다. 증폭 회로 분석은 Ansoft Designer V2.0을 사용하여 시뮬레이션 하였으며 결과는 그림 6에 나타내었다. 시뮬레이션 결과 요구 주파수 범위(20~1,300MHz)에서 이득은 17dB 이상이고, 입출력 반사손실은 5dB 이상으로 계산되었다.

PIN 다이오드 제어회로는 다이폴에 부착된 pin diode를 제어(on/off)하기 위한 것으로, 외부로부터 입력되는 전압은 DC 11V 또는 14V인데 제어 회로를 통해 0V, 14V로 각각 변화되고 다이폴에 부착된 pin diode를 제어하게 한다. 또한 외부로부터 입력되는 전원 DC 14/11V는 regulator(MIC 39102)에 의해 정전압 10V로 안정되게 출력되며, 이 전압은 증폭기에 공급된다.

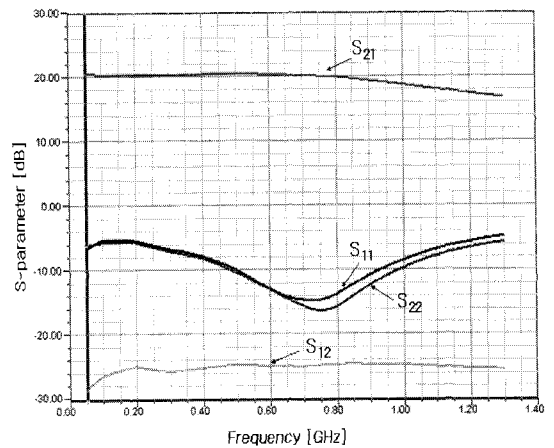


그림 6. 평형증폭기의 S-parameter 계산
Fig. 6. Calculated S-parameter of the balanced amplifier.

4. 원형 배열 안테나의 배열 성분(Array Factor)

일반적으로 그림 7과 같이 방사 소자가 등 간격으로 원형 배열되어 있을 구조에 대해 배열 성분(AF)을 계산하여 보자. 원형 배열인 경우의 AF(Array Factor)는 다음과 같은 식으로 주어진다. 여기서 I_n 는 n번째 소자의 전류의 크기이고, α_n 는 n번째 소자의 전류의 위상을 의미한다.

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n=0}^{N-1} I_n e^{j[k a \sin \theta \cos(\phi - \phi_n) + \alpha_n]} \quad (1)$$

만약, 주빔(main beam)의 방향이 (θ_o, ϕ_o) 이라면 n 번째 소자의 요구되는 전류의 위상은 다음의 식에 의해 계산된다.

$$\alpha_n = -k a \sin \theta_o \cos(\phi_o - \phi_n) \quad (2)$$

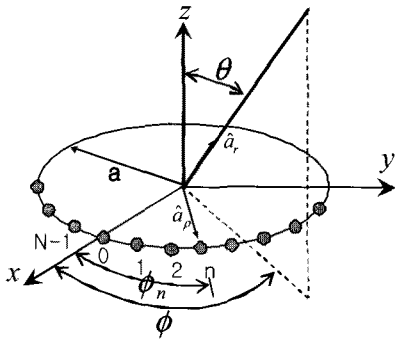


그림 7. 원형 배열 구조
Fig. 7. Structure of the circular array.

그림 1과 보여준 바와 같이 설계하고자 하는 배열 소자는 총 9개로 40도씩 등 간격이고, 원의 반경은 450mm인 구조에 대해 주빔의 방향으로 지향성을 갖는 endfire 패턴 형태인 경우 AF를 계산해 보았다.

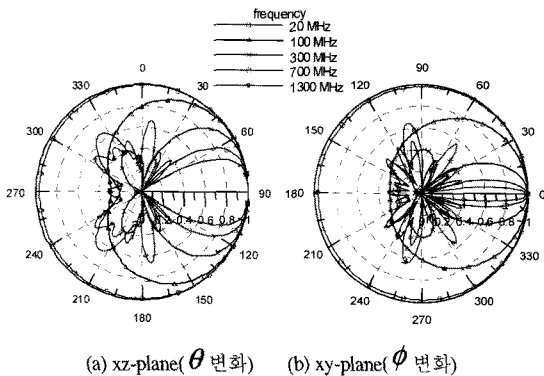


그림 8. 원형 배열의 AF, $((\theta_o, \phi_o)=(90^\circ, 0^\circ))$
Fig. 8. Array factor of the circular array.

주빔의 방향이 $(\theta_o, \phi_o)=(90^\circ, 0^\circ)$ 즉, x 축의 양의 방향으로 주빔이 향하는 경우와 주빔의 방향이 $(\theta_o, \phi_o)=(90^\circ, 50^\circ)$ 인 경우에 대하여 주파수별 AF를 그림 8과 그림 9에 나타내었다. 예상되는 바와 같이 그림에서 보면 20MHz에서는 거의 원 모양에 가깝고 주파수가 높아질수록 주빔은 좁아지며 여러개의 측엽이 생성되는 모습을 볼 수 있다.

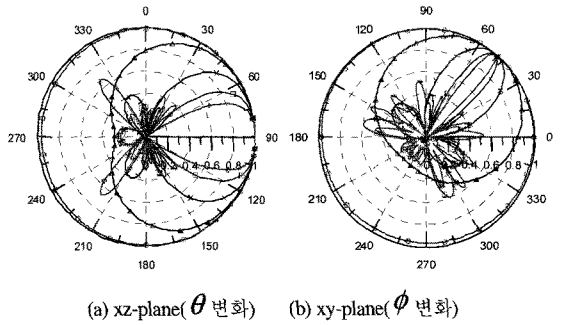


그림 9. 원형 배열의 AF, $((\theta_o, \phi_o)=(90^\circ, 50^\circ))$
Fig. 9. Array factor of the circular array.

III. 원형 배열 능동안테나 제작 및 측정

앞에서 언급한 바와 같이 top-hat 다이폴 방사소자와 회로에 대해 제작하였다. 이미 언급한 바와 같이 다이폴의 길이는 200mm이고 다이폴 양끝에 직경이 60mm인 도체 원형판이 부착되어 있다. 그리고 증폭기 회로는 36mm x 70mm 면적에 구현되어 있으며, 증폭기 출력단에는 SMA 콘넥터가 연결되어 있다. 제작 완성된 모습은 그림 10에서 앞면과 뒷면을 보여주고 있다.

제작된 다이폴 방사소자는 그림 11과 같이 두께가 20mm인 원형 아크릴 판에 이미 언급된 바와 같이 반경이 450mm인 원에 40도 간격씩 9개가 부착된다. 원형 아크릴 판은 중심에 축을 두어 회전이 가능하게 제작되었으며 다이폴 소자와 동축 케이블간에 연결이 편리하도록 안쪽에 작은 원을 두었다.

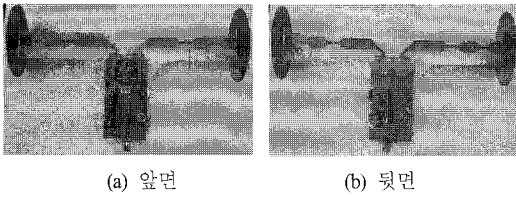


그림 10. Top-hat 다이폴 소자 제작 사진
 Fig. 10. Photograph of fabricated top-hat dipole element.

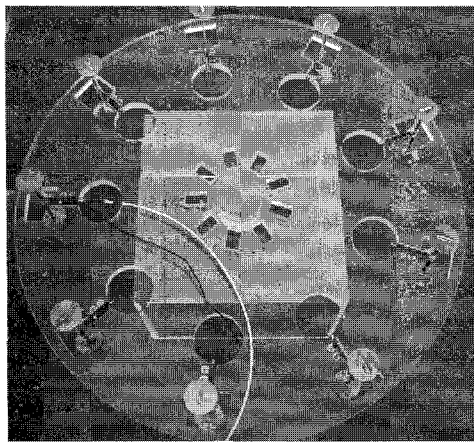


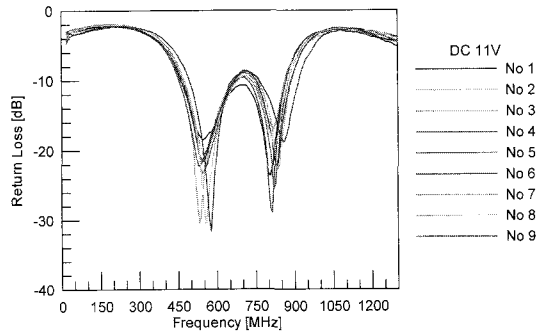
그림 11. 원형 배열 안테나 제작 사진
 Fig. 11. Photograph of fabricated circular array antenna.

1. 다이폴 소자의 반사손실 측정

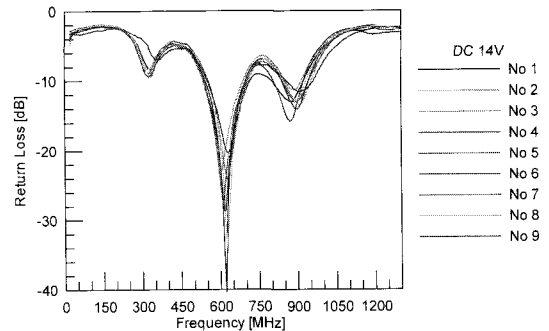
그림 11에서 보는 바와 같이 다이폴 소자는 9개가 제작되었다. 각 다이폴 소자에 번호를 1~9번까지 부여하고 차례로 배열하였다. 수신 신호의 증폭 및 제어회로를 동작하기 위해 외부에서 인가되는 DC전압은 14V 또는 11V가 공급된다. 이렇게 다른 두 가지 전압을 인가하는 것은 전체 회로에 DC전원을 안정적으로 공급하면서 다이폴에 부착된 pin diode를 on/off로 제어하기 위한 것이다. DC 전압이 14V로 공급되면 제어회로에 의해 다이폴에 부착된 pin diode는 on이 되고 11V가 공급되면 off가 된다.

먼저, 다이폴 소자의 측정으로는 Agilent 8753E를 사용하여 반사손실을 측정하였다. 주파수 범위 20 ~ 1,300MHz에 대하여 DC 전압이 14V일때 반사손실을 측정하고, 다시 11V 일때 반복하여 측정하여 그림 12에 나

타내었다. 측정 결과를 보면 제작된 9개의 다이폴 소자의 각 성능 특성이 거의 동일함을 볼 수 있으며, 250MHz 이하의 낮은 주파수 대역과 1,000MHz 이상인 높은 대역에서는 매칭이 잘되지 않았지만 중간 주파수 대역에서는 비교적 양호하였다. 앞으로 매칭 부분의 회로를 개선하면 성능이 향상될 것으로 여겨진다.



(a) DC 전압 11V



(b) DC 전압 14V

그림 12. 다이폴 소자의 Return Loss 측정 결과
 Fig. 12. Measured return losses of dipole element.

그리고 DC전압이 11V 일때 Return Loss는 500MHz와 800MHz에서 두번의 공진이 있지만 14V로 인가하였을 때는 300MHz에서 한번 더 공진이 일어남을 볼 수 있다. 이러한 현상은 DC 전압이 11V이면 다이폴에 부착된 pin diode가 off되어 그림 2에서 보는 바와 같이 다이폴 전체 길이가 유효하지 않고 중심부에 있는 도체 팔만 안테나로 볼 수 있으며, 반면에 DC 전압이 14V이면 diode가 on되어 그림 2에서 보는 top-Hat 다이폴의 전체를 복사 소자를 볼 수 있기 때문이다. 즉 diode의 on/off에 따라 다이

폴의 길이가 조절되고 있음을 보여주고 있다.

2. 다이폴 복사 소자의 방사 패턴 측정

제작된 9개의 다이폴 소자에 대해 주파수대별로 방사 패턴을 측정하여 검토하였으며, 이미 널리 알려진 바와 같이 E-plane 패턴은 8자 모습이고, H-plane 패턴은 원 모습을 나타내었다. 본 논문에서는 다이폴 소자 8번의 측정 결과를 그림 14에 제시하였다.

방사 패턴 측정 구성은 그림 13와 같으며, 신호 발생기는 Agilent E8257D(250K~20G), 스펙트럼 분석기는 Agilent E4407B(9K~26.5G)를 사용하였다. 패턴 측정을 위한 기준 표준 안테나로는 ETS-LINDGREN사로 20~200MHz로는 Biconical antenna Model 3109 그리고 200~1,300MHz로는 Log-periodic dipole array antenna Model 3148을 이용하였다.

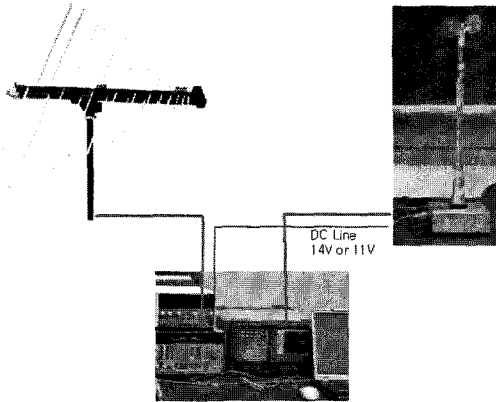


그림 13. 안테나 방사 패턴 측정 구성
Fig. 13. Measurement configuration of antenna radiation patterns.

방사 패턴의 측정 주파수는 80MHz, 301MHz, 700MHz, 1,300MHz로 4개의 샘플에 대하여 E-plane 패턴 측정 결과를 그림 14에 나타내었으며, 80MHz, 301MHz, 700MHz의 측정 시에는 DC 14V를 인가하였고, 1,300MHz의 측정 시에는 DC 11V를 인가하였다. 측정 결과인 그림 보면 예상되는 바와 같이 8자 모습을 볼 수 있으며 양호한 결과를 얻었다.

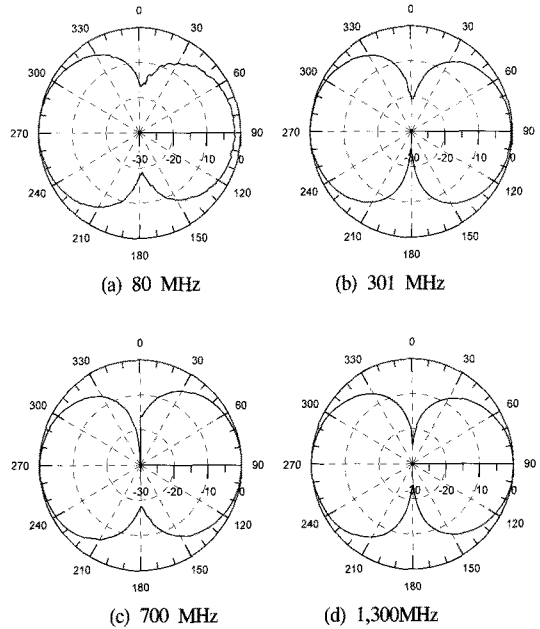


그림 14. 다이폴 소자의 방사 패턴 측정 결과
Fig. 14. Measured radiation pattern of the dipole elements.

3. 다이폴 소자의 이득 측정

제작된 다이폴 방사 소자의 이득은 기준 안테나의 이득과 비교 방법으로 측정하였다. 측정을 위한 표준 안테나는 앞에서 언급한 바와 같이 주파수 범위가 20~200MHz인 경우는 송신용으로 Model 3104C, 수신용으로는 Model 3109를 사용하였고, 200~1,300MHz인 경우는 송수신 모두 동일한 Model 3148을 사용하였다.

안테나 이득 측정 방법은 그림 15의 구성과 같다. 먼저 기준 표준 안테나를 두고 VNA(Vector Network Analyzer)로 S21STD를 측정한 다음, 수신 표준 안테나를 제거하고 그 자리에 시험 안테나를 연결한 후 다시 S21Test를 측정한다. 이때 송신 안테나와 동축 케이블 송수신간에 거리 등 모든 조건은 동일하게 두고 기준 안테나와 시험 안테나를 교체하여 측정하여야 한다. VNA로 측정된 S21을 다음의 식을 이용하여 계산하면 원하는 시험 안테나의 이득 GainTest을 구할 수 있다. 여기서 GainSTD 수신 표준 안테나의 이득을 의미한다.

$$Gain_{Test}[dBi] = S21_{Test}[dB] - S21_{STD}[dB] + Gain_{STD}[dBi] \quad (3)$$

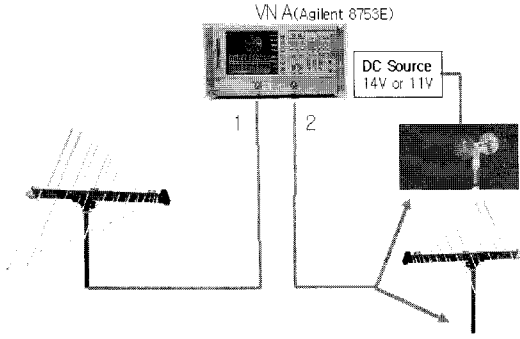


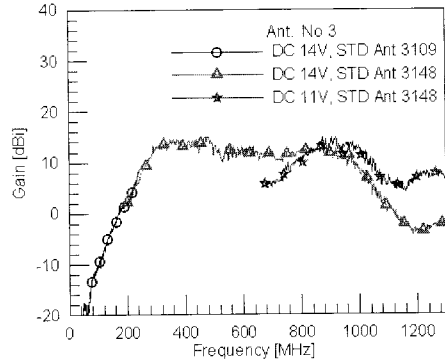
그림 15. 다이폴 소자의 이득 측정 구성
Fig. 15. Measurement configuration of the antenna gain of the dipole elements.

위와 같은 방법으로 제작된 다이폴 소자에 대해 이득을 측정하였으며, 이중에 3번과 8번 다이폴 소자에 대한 측정 결과를 그림 16에서 나타내었다. 측정 결과를 보면 원 표시 실선은 기준 안테나 Model 3109로 측정된 결과이고, 삼각형 표시 실선과 별 표시 실선은 Model 3148로 측정된 결과이다. 그리고 삼각형 표시 실선은 다이폴에 DC 14V로 인가한 경우이고 별 표시 실선은 11V로 인가한 경우에 해당된다.

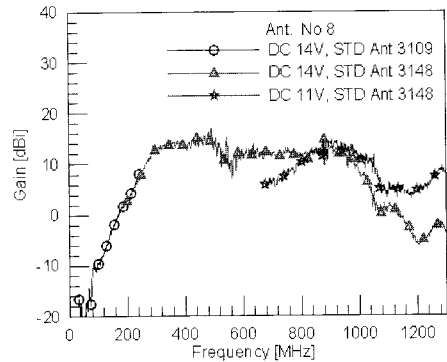
측정된 능동 다이폴 소자의 이득을 보면 300MHz ~ 1,000MHz범위에서 12~14dBi이며 300MHz이하에서는 -20dBi까지 급격하게 감소되었고 1,000 MHz 이상에서는 다소 감소하다가 다시 8dBi까지 약간 증가하는 모습을 볼 수 있다. 삼각형 표시 실선과 별 표시 실선을 보면 약 840MHz에서 교차되는데 이 주파수 이하에서는 DC 14V로 인가할 때 이득이 더 크며, 이 주파수 이상에서는 DC 11V로 인가할 때 이득이 더 크게 나타남을 볼 수 있다. 즉 pin diode의 on/off 동작 할 때의 동작 주파수의 범위를 알 수 있다는 것이다. 그리고 다이폴 소자 3번과 8번의 이득 측정 결과를 비교하여 보면 거의 동일하며, 단지 1,200 MHz 근처에서만 2dB 정도 약간의 차이가 있었다.

그리고 주파수 200MHz대를 보면 원 표시 실선과 삼각형 표시 실선이 겹쳐 있는 모습을 볼 수 있다. 즉 안테나 형태가 완전히 다른 기준 안테나를 이용하여 시험 안

테나의 이득을 측정된 결과가 거의 일치함을 의미하므로 본 논문의 다이폴 소자의 이득 측정 방법이 타당함을 보여주고 있다.



(a) 3번 다이폴 소자 이득



(b) 8번 다이폴 소자 이득

그림 16. 다이폴 소자의 이득 측정 결과
Fig. 16. Measured antenna gain of the dipole elements.

4. 원형 배열에서 다이폴 소자간의 위상차 측정

앞서 언급한 바와 같이 방향 탐지용으로 사용되기 위해서는 각 다이폴 소자에 수신되는 신호들의 위상차의 해 전파의 도래 방향이 결정되므로 다이폴 소자간의 위상차는 매우 중요하다.

본 논문에서는 각 다이폴 소자가 수신한 신호의 위상차를 측정하고 계산 결과와 서로 비교하여 제시하였다. 위상차 측정은 그림 17에서 보는 바와 같이 다이폴 소자 1번을 송신 표준 안테나쪽으로 향하게 정렬하고, 안테나가 고정된 상태에서 다이폴 소자 1번부터 9번까지 VNA

로 S21 측정 한 다음, 다이폴 소자 1번을 기준으로 다른 위치에 있는 다이폴 소자(2번~9번)간에 위상차를 구하였다. 여기서 위상차는 1번 소자로부터 떨어진 거리 d 의 해 발생되며 이론적으로는 $2\pi d/\lambda_0$ 로 계산된다.

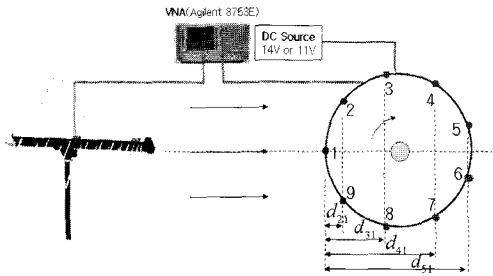


그림 17. 다이폴 소자간의 위상차 측정 구성
Fig. 17. Measurement configuration of the phase differences between dipole elements.

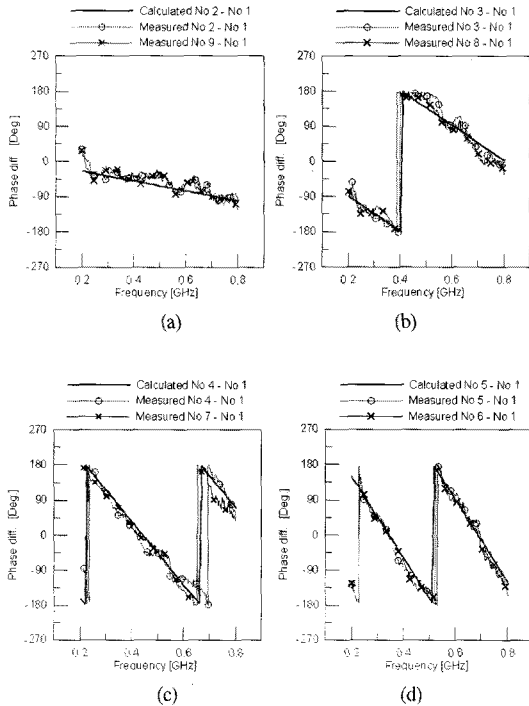


그림 18. 다이폴 소자간의 위상차 측정
(200MHz ~ 900MHz)
Fig. 18. Measured phase differences between dipole elements.

이와 같은 방법으로 위상차를 측정하여 계산결과와 비교하여 그림 18과 그림 19에 나타내었다. 그림 18은 다이폴 소자에 DC 14 V를 인가하여 pin diode가 on일때 900MHz이하의 위상차를 측정 한 것이다. 측정 결과 그림을 보면 전반적으로 계산 결과와 거의 일치하였으며 약간의 리플과 오차는 측정시 주변의 환경 요인에 의한 것으로 여겨진다. 그리고 그림 19은 다이폴 소자에 DC 11 V를 인가하여 pin diode가 off일때 900MHz 이상에 대해 위상차를 측정 한 것으로 그림 18과 마찬가지로 계산 결과와 거의 일치함을 볼 수 있다.

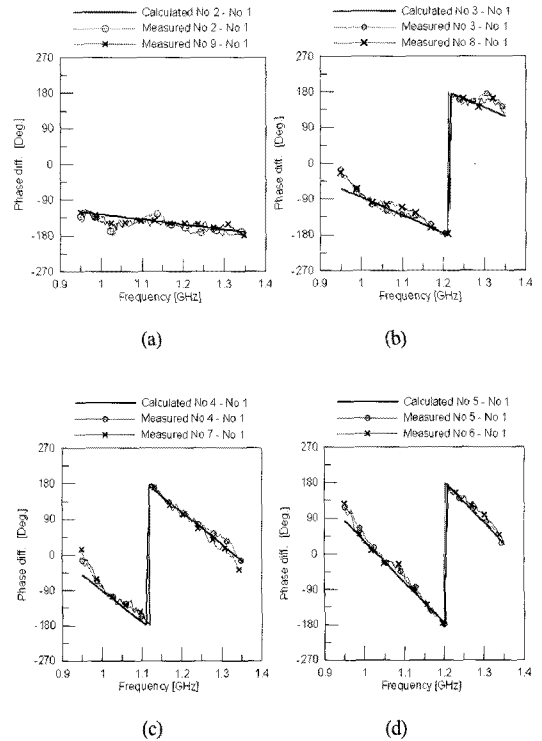


그림 19. 다이폴 소자간의 위상차 측정 결과
(900MHz ~ 1,350MHz)
Fig. 19. Measured phase differences between dipole elements.

V. 결 론

본 본문에서는 소형 다이폴 소자로 V/UHF대역 원형 배열 안테나를 설계 및 제작하고 측정하였다. 본 원형 배열 안테나는 방향 탐지 시스템의 안테나부에 해당되는 것으로, 배열된 다이폴 소자가 수신한 신호는 신호처리부에 입력되어 도래하는 전파의 방향을 탐지하게 한다.

제작된 배열 안테나는 반경이 450mm이고 등각도로 9개의 다이폴 소자가 원형으로 배열되어 있다. 다이폴 소자는 소형, 광대역을 위해 top-hat형태와 더불어 팔(arm)의 중간에 pin diode를 두어 전기적 길이를 조절하게 하였다. 그리고 수신 감도를 향상시키고 발문 역할을 하게 다이폴 소자에 직접 평형 푸시풀 증폭기를 연결하였다. 제작된 배열 안테나의 측정으로는 먼저 각 능동 다이폴소자의 반사손실, 방사 패턴 그리고 이득을 측정하여 전기적 길이 조절 기능과 예상되는 성능 특성을 확인하였다. 또한 방향 탐지에서 중요한 다이폴 소자간의 위상차를 측정하였으며 이론적 계산 결과와 비교하여 약간의 리플과 오차는 있지만 거의 일치함을 확인하였다.

따라서 본 논문의 연구 결과는 앞으로 방향 탐지 시스템의 안테나부 기술 연구에 매우 유익하게 활용될 것이다.

참고문헌

[1] Constantine A, Balanis, Antenna Theory, John Wiley & Sons. INC., 1997.
 [2] J.D. Kraus, 'Antenna, Second ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
 [3] C. A. Balanis, 'Antenna Theory : analysis and design', second edition "The Mini-state-A Small Television Antenna", IEEE Trans. Consumer Electron., Vol. CE-22, No. 2, May 1976.
 [4] Richard C. Johnson, Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, Inc., 1993.
 [5] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design 2nd edition, Prentice-Hall, 1997

저자소개



고지환(Ji-Hwan Ko)

1982년 경북대학교 공과대학 전자공학과 공학사
 1985년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1998년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학박사
 1985년~2000년 한국전자통신연구원 연구원
 2000년~현재 금오공과대학교 전자공학부 교수
 ※관심분야: 안테나 설계, 초고주파 도파관 및 부품 설계, 전자파 산란, 위성통신



이철수(Cheol-Soo Lee)

1990년 아주대학교 전자공학과 공학사
 1992년 아주대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1992년~현재 국방과학연구소 선임연구원
 ※관심분야: 전자파 전파, 광대역 위상배열 안테나



김강욱(Kang-Uk Kim)

1985년 서울대학교 전기공학과 공학사
 1987년 서울대학교 대학원 전기공학과 공학석사
 1996년 University of California, Los Angeles. 전자공학과 (공학박사)
 1987년~1990년 한국전기연구소 연구원
 1996년~1998년 University of California Los Angeles. post-doctor 연구원
 1998년~1999년 P-Com, Inc. 마이크로파 설계 연구원
 1999년~2001년 Narda DBS Microwave, RF 설계 연구원
 2007년~현재 이엘와이즈통신(주) 대표이사
 2001년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수
 ※관심분야: 마이크로파 통신시스템 및 서브시스템, MW/mm-wave 부품 및 패키징, 무선통신용 안테나, MW/mm-wave 플라즈마 진단



조영기(Young-Ki Cho)

1978년 서울대학교 전자공학과
공학사

1981년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 공학석사

1998년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

2002년~2008 경북대학교 공과대학BK사업단장

2008년 한국전자파학회 학회장

1992년~현재 국제전파연합(URSI) 한국대표

1981년~현재 경북대학교 전자전기공학부 교수

※관심분야 : 전자기 산란 및 복사, 주기구조, 안테나
이론